矽對水稻之效應(第二報)

連　　深

引　　言

矽對水稻效應之研究，日本近年來報告甚多。一向棄去之製鐵鑛滓 (Slag) 已變爲有價値之矽肥源。據云[1]日本現在施用水田之鑛滓每年達100萬噸對於水稻增産頗有貢獻。

鑛滓對水稻增産之實際情形，據[2]日本全國農事試驗場104個試驗所得平均爲9%，另據小幡氏在富山縣53個試驗所得平均爲11%，但此種效果實際上依試驗田有效態矽酸供應能力之不同而異。據云[3]退化水田，泥炭地水田及花崗岩，石英斑岩爲母質的砂質水田均甚缺乏有效態矽酸而火山灰和頁岩爲母質之水田則含量甚豐。其供應能力之大小可從稻藁，灌漑水以及土壤中可溶性矽酸之含量等而加以判定。鑛滓亦應針對着欠乏有效態矽酸之水田施用才能收到功效。

本省過去有關水稻之矽酸試驗硏究甚少。作者曾於民國49~50年間在臺北、桃園兩地擔任鑛滓之肥效試驗結果證實矽對水稻收量確有增産效果[4]；在一般無顯著病害之田間情形下谷産量得到9%之增收，遇顯著病害效果益加顯著。爲進一步探討鑛滓對各地水稻之肥效情形並探討土壤中可溶性矽酸，及藁中矽酸含量和各地矽肥效應之關係乃增設試地繼續試驗，結果如下：

本試驗部份經費承農復會及國家長期發展科學委員會補助，試驗之進行復蒙國立臺灣大學教授張守敬博士指導，肥料研究室主持人林國謙先生鼓勵，並承臺北、新竹、臺中、臺南、高雄，各區改良場（臺北及臺南兩改良場由分場幫忙）及縣立中壢農校協助田間試驗，肥料研究室陳火塗先生協助分析工作，作者謹此誌謝。

供　試　鑛　滓

本試驗供試材料主要爲臺灣鍊鐵公司之高爐鑛滓。其産量年約一萬公噸，迄無用途，棄於河中。供試鑛滓成分如下：

表一　供試鑛滓分析成積

鑛　滓	全量(%)							½HCl 可溶**(%)		
	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	S	SiO_2	CaO	MgO
供試省産高爐鑛滓(民國50年)	35.9	41.9	3.5	—	—	—	—	22.4	28.3	0.70
供試省産高爐鑛滓*(民國51年)	30.3–33.0	41.0–43.5	1.01–1.27	20.9–23.2	0.91–1.21	—	1.75–2.06	—	—	—
供試日産鑛滓	42.1	26.3	19.6	—	—	—	—	27.2	17.9	15.5

* 採自臺灣煉鐵公司七月份分析結果。
** 抽出液比例 1:150 時間：1小時，室溫。

由上表可見其成分以 CaO 和 SiO_2 即矽酸鈣爲主，佔總成分之¾。鋁爲其次約佔20%左右，此外尚有少量鎂、鐵、硫等。另一種供試日製鑛滓鎂含量較多但鈣相對減少。

一、矽酸及矽質鑛滓對各地水稻之增收效果

(1) 盆栽試驗

試驗(一)

方法：供試土壤爲臺北農試所水田之砂岩頁岩質沖積土 (pH 4.8)。每盆裝土5公斤，試驗設計

9處理五重覆。N_1, N_2, N_3 各代表氮肥少量、中量及多量，每盆施氮素各 0.44，0.88，1.32克以硫酸銨供之。P_2O_5 及 K_2O 每盆均施 0.7 克以過磷酸鈣及硫酸鉀供之。Slag 施用量除對照區 (S_0) 不施鑛滓外少量區 (S_1) 及多量區 (S_2) 每盆各施鑛滓 12.8 及 25.6 克。

表二　鑛滓肥効盆栽試驗結果

處理別		穀收量				藁收量			
		第一期作	指數	第二期作	指數	第一期作	指數	第二期作	指數
N_1 鑛滓	O	18.7	100	15.2	100	30.9	100	40.2	100
	S_1	19.8	106	17.2	113	27.3	88	45.9	114
	S_2	18.3	98	12.6	83	25.2	82	43.7	109
N_2 鑛滓	O	15.2	81	10.4	68	36.1	116	43.5	108
	S_1	18.2	97	19.5	128	38.0	123	61.2	152
	S_2	25.1	134	15.8	104	40.1	130	46.6	116
N_3 鑛滓	O	11.8	63	10.3	68	42.1	136	49.7	124
	S_1	21.5	115	20.4	134	47.7	154	53.9	134
	S_2	29.4	157	18.4	121	47.7	154	52.4	131
L. S. D.	5%	4.19	—	5.20	—	5.02	—	14.63	—
	1%	5.61	—	6.97	—	6.73	—	10.52	—
$N_1+N_2+N_3$	S_0	15.2	100	12.0	100	36.3	100	44.5	100
	S_1	19.3	127	19.1	159	37.7	104	53.7	121
	S_2	24.2	159	16.6	138	37.7	104	47.6	107
L. S. D.	5%	3.24	—	4.02	—	N. S.	—	8.45	—
	1%	2.41	—	3.00	—		—	6.31	—
C. V. (%)		16.6		25.5		11.2		17.6	

生育過程中鑛滓區之水稻，外觀均較對照區略健。氮肥多量區而不施鑛滓者葉身下垂，顯得特別軟弱。由收量調查結果可見鑛滓區穀藁收量均較對照區顯著提高。鑛滓與氮肥交感亦爲顯著，表示鑛滓和氮肥之配合效果更大。

試驗(二)

方法：本試驗僅進行一期作（第一期作）。供試土壤及用盆均如試驗(一)。試驗共設5處理其中對照區及矽酸區 (Gel) 設六重覆，餘者各爲五重覆。肥料施用量各盆均施 N, P_2O_5, K_2O 各 0.7 : 0.5 : 0.5 克以硫酸銨，過燐酸鈣及硫酸鉀供之。鑛滓施用量 S_1, S_2, S_3 依次爲25，50，100克/盆。矽酸區施用膠狀矽酸 (Silica gel)，每盆實施 SiO_2 19.4 克（以乾 SiO_2 計算）。膠狀矽酸係矽酸鈉稀釋後以稀鹽酸中和後洗去 NaCl 所得。

結果及討論：

① 生育期間矽酸區及鑛滓區均較對照區略呈强健之勢，株高亦以前者稍高。

② 分蘖數及穗數：矽酸區與對照區間並無差異，惟鑛滓區依施用量之增加而有減少之傾向。

表三　各區分蘖數及穗數比較

處理區別	分蘖數（插秧後60日）	穗數（收穫期）	處理區別	分蘖數（插秧後60日）	穗數（收穫期）
O 對照區	29.2	24.5	G 矽酸區	29.0	24.7

S_1 鑛滓少量區	31.6	23.2	S_3 鑛滓極多量區	26.6	19.6
S_2 鑛滓多量區	29.0	21.0			

表四　各區收量之比較

處理區別	穀收量(克/盆)	指數	藁收量(克/盆)	指數
O 對照區	29.7	100.0	46.2	100.0
G 矽酸區	35.3	118.7	55.3	119.8
S_1 鑛滓少量區	30.9	106.5	45.2	98.0
S_2 鑛滓多量區	33.5	112.9	44.8	97.1
S_3 鑛滓極多量區	33.8	113.9	45.7	98.9
L. S. D. {5%, 1%}	1 {2.53, 3.43}　2 {2.65, 2.61}　3 {2.77, 3.76}		1 {4.09, 5.56}　2 {4.29, 5.83}　3 {4.48, 6.09}	
C. V. (%)	6.44		7.17	

註：1. O 與 G 之間。 2. O 或 G 與 S_1, S_2, S_3 之間。 3. S_1, S_2, S_3 之間。

表五　各區收量調查結果**

調查項目 / 處理區別	穗長 (cm)	穗重 (克)	收量構成要素			
			一株穗數	一穗粒數	登熟率* (%)	千粒重 (克)
O	12.9	12.2	24.5	49.9	84.7	25.7
G	13.8	14.3	24.7	57.8	87.1	26.0
S_2	14.3	16.2	21.0	62.0	90.4	27.4

* 以比重1.06鹽水選別。　　**爲各處理區全部稻穗測定後之平均

③ 收量調查結果及討論：由表四可見膠狀矽酸和鑛滓對水稻谷藁收量均有顯著肥效。

茲就表五收量構成要素分別說明谷收量增收之機構如下：

i) 膠狀矽酸之效果：膠狀矽酸區與對照區二者在穗數上並無差別，惟前者穗重增加甚多故其收量得顯著增高。其穗重增加之因素係由於一穗粒數及登熟率之增加所致而以一穗粒數之影響最爲重要。矽酸區穗長之增加和其一穗粒數之增加甚爲符合。

就藁收量言之，因矽酸區穗數較對照區並無增加，故其收量（卽重量）之增加當爲每枝藁稈重量之增加所致。據片山氏[5]，稻穗之大小和稈基重之大小有密切關係，；亦卽莖之大小和穗之大小成正比例。若是則上述矽酸區每枝藁稈重量之增加，當爲一穗粒數乃至於登熟率（亦卽穗重）增加之最大原因。

ii) 鑛滓之效果：鑛滓區谷收量隨其施用量而增大，但 S_2 區似爲界限。其收量構成要素中穗數顯然減低，但因一穗粒數，登熟率千粒重均有增加（亦卽穗重增加），故收量仍較對照區增加。鑛滓區穗數之減少似與所含石灰成分有關：據[6]作者以前盆栽試驗結果，施用多量石灰石粉後穗數常有減少現象。

鑛滓區穗數雖較對照區減少，惟兩區間藁收量並不相上下，故前者每枝藁稈之重量當較後者爲大。藁稈旣然增大，則根據上述推測其所着稻穗亦當較大。其穗重增加之原因，似和矽酸區情形相同。

④ 收穫物分析結果。

表六　盆栽試驗收穫物分析成積

試驗處理區	SiO₂ 藁 含有率 (%)	SiO₂ 藁 吸收量 (mg)	SiO₂ 穀 含有率 (%)	SiO₂ 穀 吸收量 (mg)	SiO₂ 吸收量合計 (mg)	N 藁 含有率 (%)	N 藁 吸收量 (mg)	N 穀 含有率 (%)	N 穀 吸收量 (mg)	N 吸收量合計 (mg)	轉移率(%) $\frac{\text{N in grian}}{\text{Tatal N absorbed}}\times 100$
O	3.52	1,475	1.46	402	1,877	0.778	326	1.13	311	637	48.8
G	7.66	3,943	2.96	969	4,912	0.643	331	1.11	363	694	52.3
S_1	6.30	2,519	2.13	611	3,130	0.612	253	1.12	322	575	56.0
S_2	7.37	3,064	2.59	804	3,868	0.553	230	1.11	345	575	60.0
S_3	9.08	3,527	3.10	971	4,498	0.563	218	1.12	351	569	61.6

① 膠狀矽酸和鑛滓之施用顯著提高了穀藁中 SiO_2 含量，同時亦大大的提高了吸收量。其吸收量之增加在稻藁部分最多。膠狀矽酸及 S_1 區鑛滓之 SiO_2 吸收率各為 15.6 及 14.3%。

② 稻藁中之氮含量以及吸收量顯然因矽酸和鑛滓之施用（尤以後者）而略有減低。但其總吸收量之間却甚少差異。可見就水稻所吸收之氮素轉移穗中之比率而言膠狀矽酸和鑛滓各區均較對照區為優。

(2) 田間試驗結果及討論

表七　桃園（中路）試驗地谷藁收量比較表（民國51年）(kg/ha)

處理區別		谷 第一期作產量	谷 指數	谷 第二期作產量	谷 指數	藁 第一期作產量	藁 指數	藁 第二期作產量	藁 指數
N_1	O	3,502	100	4,120	100	3,750	100	3,830	100
	S	4,013	115	4,315	105	3,550	95	3,830	100
	Sj	4,112	117	4,337	105	3,750	100	3,870	101
	Ca	3,572	102	3,832	93	3,270	87	3,500	91
N_2	O	3,927	100	4,098	100	3,700	100	3,850	100
	S	4,195	107	4,497	110	4,210	114	4,160	108
	Sj	4,538	116	4,442	108	4,370	118	3,930	102
	Ca	3,887	99	3,807	93	3,810	103	3,820	99
L.S.D.	5%	341		185		468		400	
	1%	457		248		627		538	
C.V.		7.3		3.8		10.5		8.9	

註：試驗方法：小區面積 10 m²，隨機區集設計 6 重覆，N_1, N_2 各代表 N 施用量 60 及 120 kg/ha（第 2 期作為 80 及 120 kg/ha）。P_2O_5 及 K_2O 各區均施 60 kg/ha。S 區及 Sj 區各施鑛滓及參試日製鑛滓各 2,500 kg/ha 及 2,150 kg/ha（二者實施 SiO_2 量相同）。Ca 區施用石灰石粉 2,000 kg/ha，Ca 區和 S 區所施 CaO 量實際上相同。第二期作 Sj 區並無繼續施用鑛滓，故其結果為第一期作所施鑛滓之殘效。試驗係兩期作均於同一試區內舉行。

表八　臺北二重埔試驗地谷藁收量比較表（民國51年）(kg/ha)

處理區別		谷 第一期產量	谷 指數	谷 第二期產量	谷 指數	藁 第一期產量	藁 指數	藁 第二期產量	藁 指數
N_1	O	2,737	100	3,340	100	4,612	100	4,000	100

	S	3,117	114	3,637	109	4,783	104	4,170	104
	Ca	2,583	94	3,463	103	4,550	99	3,980	99.5
N_2	O	2,232	100	3,142	100	4,437	100	3,950	100
	S	2,445	110	3,493	112	5,000	113	4,480	113
	Ca	2,198	99	3,463	110	4,533	102	4,570	116
L. S. D. { 5%	1%	329 441		168 226		451 606		219 294	
C. V. (%)		11.3		4.2		8.6		4.5	

註：試驗方法：同表 1。

表九　其他各試驗地谷收量比較表（民國50-51年）(kg/ha)

處理區別		羅東（冬山）				中壢（鎮）				新竹（湳雅）			
		二期		一期		二期		一期		二期		一期	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
N_0	O	2,757	100	4,183	100	3,151	100	2,088	100	3,113	100	3,392	100
	S	2,739	99	4,278	102	3,230	103	2,305	110	3,313	106	3,470	102
	Ca	2,723	99	3,792	91	3,222	102	2,505	120	3,328	107	3,325	98
N_1	O	3,083	100	4,547	100	3,965	100	3,107	100	3,768	100	4,502	100
	S	3,184	103	4,900	108	3,882	98	3,462	111	3,780	100	4,378	97
	Ca	3,049	99	4,497	99	3,804	96	3,275	105	3,636	97	3,885	86
N_2	O	3,012	100	4,252	100	3,885	100	3,142	100	3,923	100	4,622	100
	S	3,100	103	5,120	120	3,992	103	3,527	112	4,098	105	4,887	106
	Ca	3,092	103	4,505	106	3,755	97	3,547	113	3,964	101	4,113	89
L. S. D.** { 5%	1%	不顯著		331 443		不顯著		239 321		不顯著		419 561	
C. V. (%)		5.3		6.4		4.0		7.0		5.0		8.9	

處理區別		臺中（市）				嘉義（市）				屏東（麟洛）			
		二期		一期		二期		一期		二期*		一期	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
N_0	O	3,073	100	3,550	100	3,693	100	3,738	100	502	100	3,390	100
	S	2,926	95	3,358	94	3,785	102	3,662	98	479	95	3,420	101
	Ca	2,951	96	3,348	95	3,783	102	4,128	110	464	92	3,635	107
N_1	O	3,758	100	5,055	100	4,753	100	4,952	100	454	100	4,612	100
	S	3,870	103	5,015	100	4,928	104	4,484	91	427	94	4,438	96
	Ca	3,827	102	5,042	99	4,628	97	4,496	91	559	123	4,460	97
N_2	O	4,464	100	5,655	100	5,357	100	5,478	100	545	100	5,695	100
	S	4,528	101	5,690	101	5,367	100	5,444	99	512	94	5,418	95
	Ca	4,145	93	5,685	101	5,297	99	5,374	98	453	83	5,902	104

L. S. D.**{5% 1%	不顯著	不顯著	不顯著	不顯著	不顯著	不顯著
C. V. (%)	5.0	5.2	6.1	9.2	30.0	9.9

註：試驗方法如表 1 (註) N_0, N_1, N_2 各代表每期作 N 施用量 0,60 及 120 kg/ha。
* 屏東第二期作曾遇水稻窒息病。
** 不顯著係就同氮素平準下各處理間之比較而言。

1. 鑛滓之肥效：

由以上結果可見 Slag 在臺北、桃園及冬山效果顯著，惟其他試驗地却否。其谷增收程度在氮肥施用量 60~80 kg/ha (即 N_1 平準) 下，三地平均第一二期作各爲 12%及 6%。因石灰石粉並無效果，故 Slag 之效果當歸於矽酸之成份最多。

上述三試驗地都在第一期作發生過輕度病蟲害，(以稻熱病爲主) 故 Slag 效果在第一期作特別顯著之原因顯然和矽酸增强水稻抗病蟲害之效果有關。又遇病蟲害發生時氮肥多量區罹病情形較重，Slag 之效果亦當特別顯著。

稻藁分析結果顯示上述試驗地 SiO_2 含量甚低 (5.5~9.0%) 而其他試驗地則高 (9.5~13%)。Slag 之效果和藁中 SiO_2 含量有關，另章說明。

Slag 肥效試驗在臺北、桃園兩地先後已有三年六作之成積；桃園試驗地係東埔 2 地點及中路 1 地點 (各兩期作) 之試驗結果，臺北則爲本所 1 地點 (連續 4 作) 及二重埔 1 地點 (兩期作) 之試驗結果。除中路及二重埔成績如表 1 及 2 外其餘已誌前報[4]。茲爲說明 Slag 肥效之便乃將上述結果合併得平均如下：

表十$_A$ 桃園、臺北歷年試驗結果平均 (kg/ha)

處理區別		桃園 3 試驗地點計 6 期作平均				臺北 2 試驗地點計 5 期作平均			
		谷收量	指數	藁收量	指數	谷收量	指數	藁收量	指數
N_1	O	3,816	100	3,601	100	2,754	100	3,913	100
	S	4,157	109	3,714	103	3,027	110	4,037	103
	Ca	3,797	100	3,358	93	2,801	102	3,851	98
N_2	O	3,767	100	3,723	100	2,741	100	4,103	100
	S	4,177	111	4,139	111	3,029	110	4,352	106
	Ca	3,724	99	3,595	97	2,825	103	4,250	104

表十$_B$ 同上試驗結果一、二期作別谷收量平均 (kg/ha)

處理區別		桃園 3 試驗地點計 6 期作				臺北 2 試驗地點計 5 期作			
		第一期作		第二期作		第一期作		第二期作	
		谷收量	指數	谷收量	指數	谷收量	指數	谷收量	指數
N_1	O	3,619	100	4,014	100	2,606	100	2,958	100
	S	4,021	111	4,293	107	2,897	111	3,201	108
	Ca	3,680	102	3,913	98	2,635	101	3,031	102
N_2	O	3,304	100	4,230	100	2,631	100	2,858	100
	S	3,826	116	4,528	107	2,886	110	3,206	112
	Ca	3,341	101	4,106	97	2,631	100	3,074	108

由上表可以更肯定的看出 Slag 在桃園、臺北地區對水稻增收確有功效，其增收率在一般施肥

狀態下（卽 N_1 level，爲 60～80 kg/ha）達 9～10%。藁收量亦略有增收（3%）。Slag 之效果仍以第一期作大於第二期作，在 N_1 施肥平準下各爲 11%及 7～8%。此種差異顯然和第一期作之易罹稻熱病害有關，亦由此可見增加水稻抗病效果顯然爲 Slag 肥效之重要因素。惟上述試驗並非常有顯著病蟲害發生，予料矽對水稻生育上促進之作用對此增收亦有貢献。盆栽試驗所得結果可爲證明。（盆栽試驗中並無病蟲害因素，但施用矽酸後每枝藁稈之平均重量及一穗重均增，故谷藁收量亦獲增加。）

退而言之卽使上述結果完全和病蟲害因素有關，亦因試驗既於一般田間情形下進行，且歷年已得平穩之增產效果而值得應用上之重視。（氮素施用平準 N_1 level 與一般施用量相當）。

2. 氮肥施用量與 Slag 之連應：

由表 4 可見桃園、臺北兩地無論一、二期作氮素用量在 60～80 kg/ha 下已達限度，增施氮肥達 120 公斤並不能再獲增收。Slag 之配合亦未能提高其施用適量達此程度。

3. 兩種鑛滓肥效之比較：

由表 1 可見日產鑛滓（Sj）和省產鑛滓（S）谷增產指數分別爲 116 及 111，前者略優，但差異不顯著。由稻藁分析可見前者 SiO_2 含量略高，Slag 之 Solubility 亦以前者稍高。又前者含有多量之鎂，亦應予注意。

4. Slag 之殘效：

表 7 第 2 期作 Sj 區並未繼續施用日產鑛滓故其顯著肥效爲第一期作所遺留之殘效。另一殘效試驗（51年 1 期作）之結果如下：

表十一　殘效試驗結果

處理區別		谷收量	指數	藁收量	指數	處理區別		谷收量	指數	藁收量	指數
N_1	O	4,204	100	3,376	100	N_2	S_1	4,404	113	4,338	104
	S_1	4,352	104	3,436	102		S_2	4,474	115	4,486	107
	S_2	4,410	105	3,782	112		Ca_1	4,222	109	4,306	103
	Ca_1	4,382	104	3,436	102		Ca_2	4,656	120	4,650	111
	Ca_2	4,534	108	3,436	102	L.S.D.	5% 1%	351 473		344 463	
N_2	O	3,882	100	4,186	100	C.V.		6.3		6.7	

該項試驗係民國50年桃園東埔試驗地結束後繼續保留者。

由上面結果可見 Slag 和石灰石粉均有明顯殘效。石灰石粉在該試驗地元來並無肥效，却有殘效，原因有待求證。

二、藁中 SiO_2 含量與各試驗地鑛滓肥效之關係

表十二　各試驗地收穫時藁中 SiO_2 含量表

地點		臺北（本所A）			本所B	臺北（二重埔）		桃園（東埔）			桃園（中路）		龜山
處理區別	期作別	第一期	第二期	殘效第一期	第一期	第一期	第二期	第一期	第二期	殘效第一期	第一期	第二期	第一期
N_1	O	6.22	5.48	5.75	5.94	8.42	9.2	7.62	6.74	6.02	7.19	8.5	10.4
	S	7.27	8.00	7.55	7.85	10.25	10.3	9.03	9.37	7.74	8.56	11.7	11.1
	Sj	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.26	—	—

N_1	G	—	—	—	8.09	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ca	6.11	—	—	—	—	—	8.19	—	—	—	—	—
N_2	O	4.24	4.39	—	—	—	8.3	7.57	6.32	—	6.74	7.9	—
	S	7.58	6.82	—	—	—	9.2	8.39	8.95	—	7.74	11.0	—
	Sj	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.28	—	—
	Ca	5.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

處理區別 ＼ 地點 期作別		羅東		中壢		新竹		臺中		嘉義		屏東	
		第2期	第1期	第2期	第1期	第2期	第1期	第2期	第1期	第2期	第1期	第2期	第1期
N_0	O	6.68	6.49	11.7	—	9.52	7.98	—	10.5	11.2	—	14.3	13.6
	S	7.53	9.09	12.4	—	10.1	8.82	—	11.0	11.7	—	14.8	13.0
	Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N_1	O	5.74	6.26	10.1	6.80	8.99	7.36	11.8	9.80	11.7	9.05	13.4	13.2
	S	6.68	7.70	11.2	8.84	9.73	8.60	10.9	11.2	12.1	9.98	13.8	13.3
	Ca	—	6.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N_2	O	5.54	5.19	8.5	6.60	8.63	6.73	8.8	8.66	11.3	9.58	12.7	13.2
	S	6.55	7.21	10.1	7.88	8.72	7.97	11.8	10.6	12.3	9.77	13.4	12.6
	Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

註：SiO_2 之定量用重量法並以 dry matter %表示之。

由表12可見各試驗地稻藁之矽酸含量變化甚大（收穫時5～14%）：臺北（本所及二重埔）桃園（東埔及中路）羅東（冬山）各地均低（5.5～9.0%）而屏東嘉義、臺中、龜山各地則高（9.5～13.5%），尤以屏東最高，每期作均在13%以上。藁中 SiO_2 含有率和鑛滓肥效之間有甚密切之關係，可從歷年田間試驗所得結果及上述稻藁之分析得到概略說明。

表十三　各地稻藁收穫時之 SiO_2 含有率與鑛滓肥效之關係

第一期作（民國51年）谷產量（kg/ha）

處理	羅東(冬山)	中壢	新竹	臺中	嘉義	屏東(麟洛)	臺北*(本所A)	臺北**(本所B)	臺北(三重埔)	桃園(中路)	桃園*(東埔)	龜山
O	4,327	2,779	4,172	4,753	4,723	4,565	2,540	2,725	2,737	3,502	3,678	5,055
S	4,766	3,098	4,245	4,688	4,530	4,425	2,788	3,093	3,117	4,013	4,025	5,125
谷增收率 %	＋10	＋11	＋2	－1	－4	－3	＋10	＋14	＋14	＋15	＋9	＋1
稻藁 SiO_2 %	5.98	6.70	7.36	9.65	9.62	13.3	6.2	5.9	8.4	7.2	7.6	10.4

第二期作（民國50年）谷產量（kg/ha）

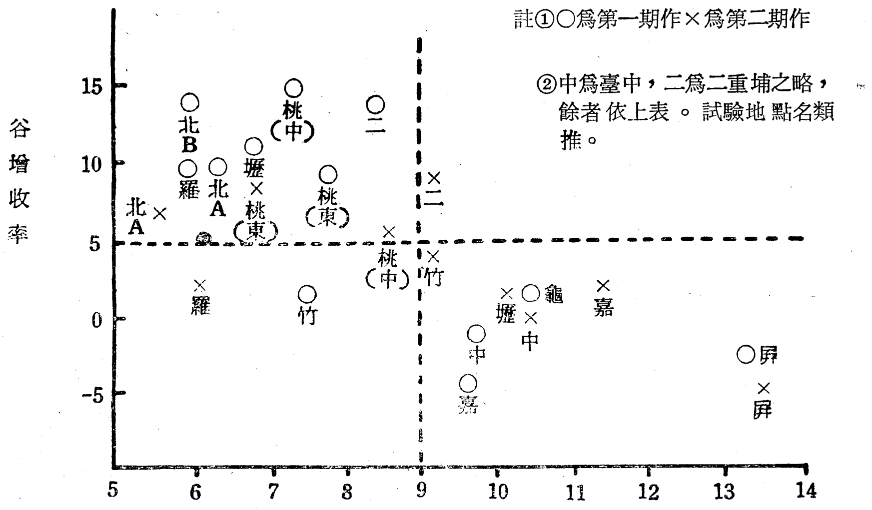
處理	羅東	中壢	新竹	臺中	嘉義	屏東	臺北本所A	臺北二重埔	桃園東埔*	桃園中路
O	2,951	3,669	3,602	3,767	4,601	500	2,575	3,340	3,961	4,120
S	3,008	3,703	3,732	3,777	4,693	473	2,765	3,637	4,282	4,315
谷增收率 %	＋2	＋1	＋4	0	＋2	－5	＋7	＋9	＋8	＋5
稻藁 SiO_2 %	5.99	10.1	9.05	10.3	11.4	13.5	5.5	9.2	6.7	8.5

註：上述結果除羅東、中壢、新竹、臺中，嘉義及屏東係 N_0, N_1, N_2 三平準合併後之平均外餘者皆爲 N_1 平準下之數據。

* 印者其收量係兩年間之平均。

** 臺北試驗B係施用膠狀矽酸 5,000 kg/ha（相當於施 SiO_2 674 kg/ha）。

各試驗地施用鑛滓後之谷增收率與稻藁 SiO_2 含量之關係圖



以上可見凡 Slag 之肥效顯著者，藁中 SiO_2 含量概低。如以谷增收率5%畫一界線可見 Slag 施用後得5%以上之增收者，其稻藁矽酸含量都在 9%以下，反之藁中矽酸含量達 9%以上者施用 Slag 概無肥效。根據今泉氏報告，收穫期之水稻藁（全部莖葉）中 SiO_2 含量如在 10%以下施用 Slag 概有效果，尤以 4～6%時效果最爲顯著，上面結果可謂符合。

由表1可見各地施用 Slag 後藁中矽酸含量較對照區或石灰石粉區均有增高，惟其程度以臺北、桃園、羅東等矽酸含量元來就低之地區較爲明顯（約增高 1.0～2.5%）而屏東、嘉義等矽酸含量元來已高者則不甚明顯（僅 0.5%左右）。

藁中矽酸含量因氮肥之增施而略有降低趨勢。其程度亦以臺北、桃園、羅東等地較爲明顯而屏東、嘉義等地則否。

由以上事實可以推想屏東、嘉義、臺中、龜山等藁中 SiO_2 含量高者其土壤中有效態矽酸之供應亦甚豐富，故施用 Slag 後其 SiO_2 含有率不復增高，肥效更不明顯，反之臺北、桃園、羅東等藁中 SiO_2 含量低者土壤中有效態矽酸之供應亦低，故施用 Slag 後其含量增加較爲明顯，肥效亦著。

本試驗中各地栽植之水稻品種並不盡相同（如下表）故上述藁中矽酸含量之差異除了反映水田土壤有效態矽酸之供應能力外是否尙反映着品種特性尙需檢討。但無論如何藁中 SiO_2 含有率低者需要供給矽酸却爲事實。據今泉氏報告[3]，藁中 SiO_2 含量和土壤有效態矽酸之含量有甚密切關係而品種之影響似不重要。

本試驗中各地栽植之水稻品種

試驗地	品種	試驗地	品種
臺北（二重埔）	臺中65號	中壢	臺中65號
（本所）	臺中65號	新竹	新竹56號
桃園（東埔）	新竹56號	臺中	臺中65號
（中路）	臺中65號	嘉義	嘉南8號
龜山	新竹56號	屏東	高雄68號
羅東	臺南3號		

又各地栽植之水稻品種，一、二期作並無更換。由表一可見各地第一期作矽酸含量似較第二期作稍低，惟差異不大。

三、臺灣各地水田土壤可溶性矽酸之含量

水稻之矽酸供給來源旣以土壤爲主，其有效態矽酸含量之測定可爲了解各地水稻矽酸營養情形之主要依據。

今泉氏(3)曾以日本栃木、長野兩縣水田土壤爲對象研究土壤中可溶性矽酸含量，藁中 SiO_2 含量與 Slag 肥效之關係，認爲 pH 4.0 IN NaAC Buffer 所浸出者最能代表土壤中之有效態矽酸並定 10 mg SiO_2/100g Soil 爲其缺否判定之界限。但亦有其他研究者(7)(8)認爲該法不能適用而分別提出其他方法。

今以上述 Buffer 及 $\frac{N}{5}$-HCl 分別測定全省各主要水田土壤樣品中各種可溶性矽酸含量得到土壤類別間一個籠統概念如下：

表十四　本省各地水田土壤可溶性矽酸之含量

Soil location	pH	可溶性矽酸含量 (mg/100 g)		備註
		pH 4.0 NaAC Buffer	$\frac{N}{5}$-HCl	
a 紅壤				
桃園（東埔）*	4.9	6.6	90	
桃園（中埔）	5.5	7.5	89	
桃園（中路）*	5.0	9.3	93	
內壢	5.1	5.4	83	
中壢（農校）	4.7	4.3	72	
中壢（頂石頭）	4.9	6.8	89	
埔心站西	5.3	6.0	74	
埔心站北	5.1	3.1	41	
楊梅	—	8.2	45	
山崎	4.6	2.7	40	
新豐	4.9	1.7	23	S. L.
龜山*	5.7	4.1	38	S. L.
紅壤平均	4.6～5.7	5.5	65	

b 粘板岩質冲積土（員林）

員　林	7.8	12.7	182	
花　壇	7.8	18.9	137	
花　壇	7.9	16.8	222	
永　靖（東寧村）	8.0	20.6	251	
永　靖（同安村）	8.0	14.5	217	
永　靖（新莊村）	8.2	20.9	242	
永　靖	7.2	22.1	224	
二　水（惠民村）	7.9	16.3	145	
竹　塘	7.6	13.3	194	
員林粘板岩質土壤平均	7.2～8.0	17.3	202	

粘板岩質冲積土（宜蘭）

冬山香和*	5.5	3.6	296	
冬山香和	5.7	2.2	290	
冬　山	7.2	4.5	320	
冬　山（廣興）	5.4	3.8	121	
五　結	5.2	1.6	76	
宜　蘭	5.2	2.9	87	
平　均	5.2～5.7	3.1	198	
礁　溪	4.5	2.0	68	
頭　城	4.3	2.0	86	S. L.

粘板岩質冲積土（屏東）

麟　洛*	5.1	4.0	108	
麟　洛	6.9	34.0	177	
海　豐	7.5	6.0	102	

c 北部砂岩頁岩質冲積土

臺　北（公館）*	5.5	2.1	53	
臺　北（公館）	4.8	2.6	55	
臺　北（公館）	4.3	4.8	86	
臺　北（景美）	4.8	1.9	50	
二　重　埔*	5.2	5.7	157	
新　莊	6.5	5.6	105	
五　股——成仔寮	5.3	4.0	134	
樹　林	4.5	2.2	78	
大　溪——鶯歌間	5.2	9.0	84	
大　溪（仁善里）	5.2	5.9	70	
竹　北（豆仔埔）	5.0	3.5	108	
竹　北（豆仔埔）	6.5	6.2	102	
竹　北（舊港）	6.5	4.7	114	
新　竹（頂埔）	6.4	7.4	88	

新竹(湳雅)*	6.3	8.4	119	
臺中市(改良場)*	5.7	2.2	67	
臺中(西屯)	4.9	3.9	76	
臺中(西屯)	4.9	5.2	57	
臺中(北屯)	5.4	4.1	74	
臺中(神崗)	5.5	2.6	76	
北部砂岩頁岩質冲積土平均	4.8～6.5	4.6	82.6	
d 其他				
臺中(龍井)	5.7	5.6	165	
彰化	5.8	10.2	172	
彰化	5.9	6.0	146	
嘉義(改良場分場)*	6.0	12.7	186	
義竹	8.0	19.7	162	鹽鹼土
花蓮吉安	7.6	6.4	304	片岩質冲積土
花蓮吉安	6.0	3.8	113	片岩質冲積土

* 印者爲田間試驗地土壤。S. L.爲Sandy Loam

由上表可見紅壤及北部之酸性砂岩頁岩質冲積土可溶性矽酸含量很低，而員林之粘板岩質冲積土及鹽鹼土則高。前者之醋酸鈉緩衝液及 $\frac{N}{5}$ HCl 可溶性矽酸含量各爲 10 mg 及 100 mg/100 g Soil 以下而後者則各爲 10 mg 及 150 mg/100 g Soil 以上。宜蘭之粘板岩質冲積土，花蓮之片岩質冲積土等醋酸鈉緩衝液可溶性矽酸含量雖低，但 $\frac{N}{5}$ HCl 可溶矽酸量却很高。一般看來，土壤 pH 值之高低與上述可溶性矽酸含量有關，pH 値高者其可溶性矽酸含量概高，反之則低。南部之砂岩頁岩質冲積土由此推測其可溶性矽酸含量當高。又 texture 粗之砂質土壤其可溶性矽酸含量一般亦較粘質土壤爲低。

就表13各試驗地稻藁 SiO_2 含量及 Slag 肥效之資料與各土壤中可溶性矽酸含量對照，其間雖無明顯相關，但大體觀之，上述田間試驗結果中臺北和桃園各試驗地稻藁矽酸含量特低以及 Slag 之肥效較爲顯著之事實，却和土壤測定所示紅壤及酸性砂岩頁岩質冲積土(尤其是pH値低者)兩種可溶性矽酸含量皆低之結果符合。

摘要及結論

1. 盆栽試驗顯示施用鑛滓或膠狀矽酸後一穗重及一枝藁稈平均重量均增，因而其谷藁收量亦獲增加。

2. 田間試驗結果表示鑛滓在桃園、臺北及冬山肥效顯著惟其餘各地則否。其稻谷增收程度據桃園、臺北兩地各3年間6期作之試驗結果平均(在氮肥一般施肥量之下)爲9和10%。因石灰石粉效果甚小，該肥效當歸以矽酸爲主要因素。

3. 各地鑛滓肥效之有否和藁中 SiO_2 含量之高低有關。肥效顯著者其稻藁矽酸含量概低(如臺北、桃園、羅東均低爲5.5～9.0%)反之則高。(如屏東、嘉義、臺中各試驗地均高，爲9.5～13.5%)。以收穫時之稻藁爲準 SiO_2 9～10%可爲判定 Slag 有否肥效之界線。

4. 土壤測定結果知酸性之砂岩頁岩質冲積土及紅壤可溶性矽酸含量很低而 pH 値較高之粘板岩質冲積土，南部之砂岩頁岩質冲積土以及鹽鹼土則含量甚高。Slag 之肥效亦於酸性之砂岩頁岩質冲積土及紅壤較有希望。

參考文献

(1) 奥田東、高橋英一(1961)：作物に對するケイ酸の營養生理的役割について第一報 日本土壤肥料學雜誌 32卷475。
(2) 小幡宗平(1959)：珪酸石灰の肥效について 日本土壤肥料學雜誌 30卷1號。
(3) 今泉吉郎、吉田昌一(1958)：水田土壤の珪酸供給力に關する研究。
(4) 林國謙、連深、李蘭帝(1962)：矽酸對水稻產量之效應 農業研究 11卷3期。
(5) 松尾大五郎(1960)：稻作診斷編 養賢堂。
(6) 連深、，溫西濱、林國謙(1961)：石灰石粉對水稻，紫雲英，大豆之肥效 農業研究 10卷1期。
(7) 川口桂三郎、小烏懋、松尾嘉郎珪(1958)：水田土壤中の有效態珪酸に關する研究 日本土壤肥料學雜誌 28卷12號。
(8) 上田和雄、山岡熟(1959)：土壤中の可給態矽酸定量法の檢討とその應用 日本土壤肥料學雜誌 30卷8號。

STUDY ON THE EFFECT OF SILICA ON PADDY RICE (Part II)

by

S. LIAN

SUMMARY

Numerous literature on the nutritive value of silica to paddy rice was published in Japan. Its favorable effect on rice yield was widely confirmed, especially on the degraded paddy soil and the regions where soil is deficient in available silica or the silica content of irrigation water is low.

In this study, the evaluation of its applicability to our paddies has been investigated in rescent years. Both pot and field experiments were employed.

The results showed that there were certain experimental localities showing response of paddy yield to the application of silicic slag, however there were also others on which no response was observed. The soils of those experimental localities on which the effect of silica was observed are the acid sandstone and shale alluvial soil of Taipei, the latosol of Taoyuane and the ill-drained paddy soil in Illan. The increase of paddy yield caused by the application was 9% on an average. The effect was particularly significant when rice blast disease occurred.

The silica content (in SiO_2) of the straw at harvesting time varied from 5% to 14% among different locaties, which reflected possible difference of silica supplying power among the varied kinds of soil. In general, the SiO_2 content of the straw obtained from those localities on which silica was proved effective are apparently low (5.5–9.0%) as compared with that obeained from other experimental localities (9.5–14.0%) The SiO_2 content of straw and the response of paddy to silica application are apparently correlated.

The content of soluble silica in acid sandstone & shale alluvial soil and latosol was found very low as compared with that in slate alluvial soil, saline soil and mudstone alluvial soil. The content of soluble silica and the soil reaction seemed to be connected.